



SKRIPSI-SK091304

**PENGARUH SUHU TERHADAP KUALITAS
COATING (PELAPISAN) *STAINLESS STEEL*
TIPE 304 DENGAN KITOSAN SECARA
ELEKTROFORESIS**

**TRIVINA IRA RISZKI
NRP 1411100005**

**Dosen Pembimbing
Dra.Harmami, MS**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



SCRIPT-SK091304

**EFFECT OF TEMPERATURE ON THE
COATING QUALITY OF STAINLESS STEEL
304 WITH CHITOSAN BY
ELECTROPHORETIC**

**TRIVINA IRA RISZKI
NRP 1411100005**

**Supervisor
Dra.Harmami, MS**

**CHEMISTRY DEPARTEMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH SUHU TERHADAP KUALITAS COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304 DENGAN KITOSAN SECARA ELEKTROFORESIS

SKRIPSI

Disusun Oleh

TRIVINA IRA RISZKI
NRP 1411100005


Surabaya, 29 Januari 2015

Menyetujui,
Dosen Pembimbing,



Dra. Harmami, MS
NIP. 19611216 198803 2 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Kimia,



Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

PENGARUH SUHU TERHADAP KUALITAS COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304 DENGAN KITOSAN SECARA ELEKTROFORESIS

Nama : Trivina Ira Riszki

NRP : 1411100005

Jurusan : Kimia FMIPA-ITS

Pembimbing : Dra. Harmami, MS.

Abstrak

Pelapisan kitosan dengan variasi suhu pada *Stainless Steel* tipe 304 secara elektroforesis telah diteliti. Kualitas hasil pelapisan dengan variasi suhu dikaji dari ketebalan lapisan kitosan dan laju korosinya dalam media NaCl 3%. Ketebalan lapisan kitosan meningkat dan laju korosi menurun dengan meningkatnya suhu proses elektroforesis. Pelapisan kitosan pada suhu 50°C menghasilkan ketebalan lapisan terbaik yaitu sebesar $49,73 \pm 6,86 \mu\text{m}$ dan laju korosi terendah sebesar 0,00065 mpy.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE COATING QUALITY OF STAINLESS STEEL 304 WITH CHITOSAN BY ELECTROPHORETIC

Name : Trivina Ira Riszki
NRP : 1411100005
Department : Kimia FMIPA-ITS
Supervisor : Dra. Harmami, MS.

Abstrack

Chitosan coating with temperature variation on SS 304 by electrophoretic has been investigated. The coating quality was tested by chitosan's thickness layer and corrosion resistance ability in NaCl 3%. Chitosan's thickness layer is increasing and corrosion rate is decreasing by increasing the temperature of electrophoretic process. Chitosan coating at temperature 50°C results the most thickness layer, that is $49,73 \pm 6,86 \mu\text{m}$, and lowest corrosion rate, that is 0,00065 mpy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah Skripsi yang berjudul **“PENGARUH SUHU TERHADAP KUALITAS COATING (PELAPISAN) STAINLESS STEEL TIPE 304 DENGAN KITOSAN SECARA ELEKTROFORESIS”** dapat diselesaikan dengan baik. Untuk menyelesaikan naskah Skripsi ini diperlukan kerja keras, semangat, ketekunan dan dukungan dari semua pihak. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Dra. Harmami, MS. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah skripsi ini.
2. Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Dr.rer.nat Fredy Kurniawan, M.Si selaku kepala laboratorium instrumentasi dan sains analitik yang telah memberikan izin penggunaan laboratorium.
4. Kedua orang tua dan keluarga besarku yang selalu memberi dukungan dan doa.
5. Teman-teman mahasiswa Kimia FMIPA yang selalu membantu, memberikan semangat, doa dan dukungannya.

Semoga Skripsi ini memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun pembaca dalam upaya menambah wawasan tentang ilmu kimia.

Surabaya, 8 Januari 2015

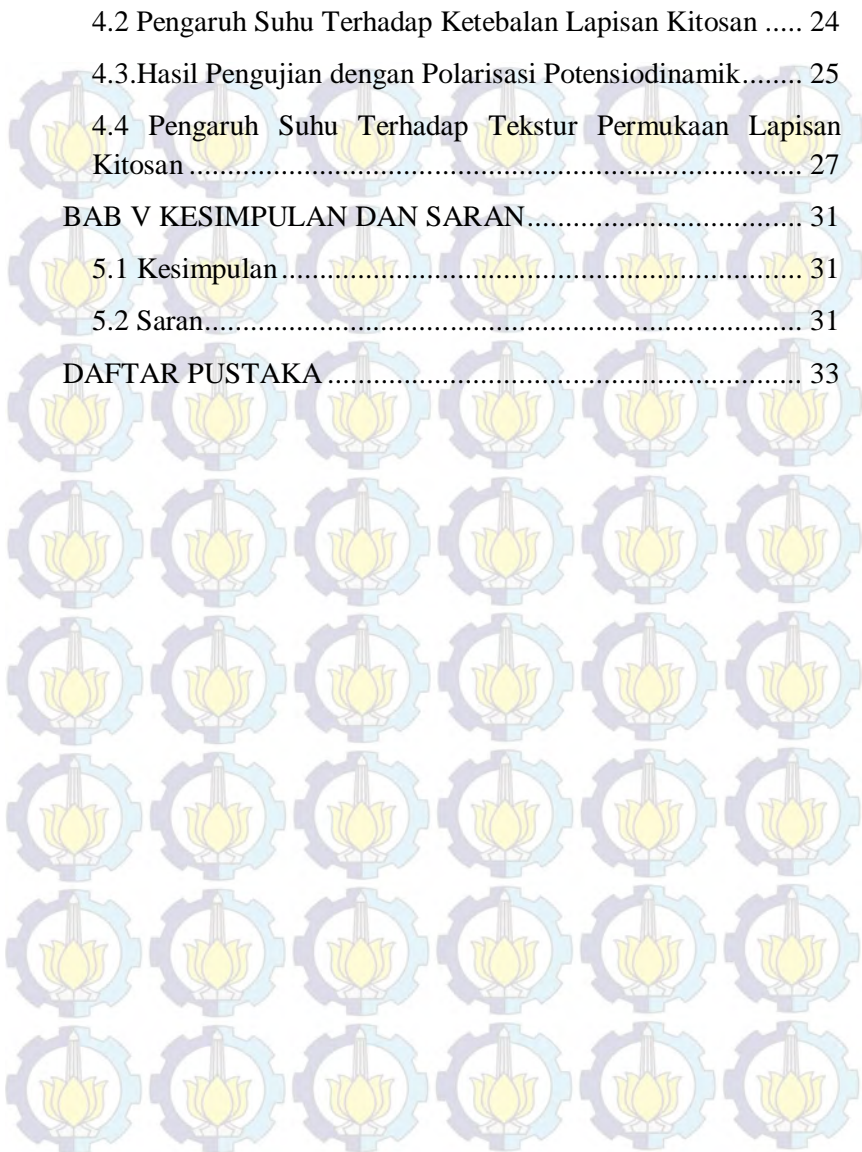
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Stainless Steel</i> Tipe 304	5
2.1.1 Kelebihan <i>Stainless Steel</i> Tipe 304	6
2.2 Korosi	6
2.2.1 Korosi SS 304 dalam Media Garam dan Asam Organik	8
2.3 <i>Coating</i>	9
2.3.1 Sol-Gel	9
2.3.2 CVD (<i>Chemical Vapour Deposition</i>) <i>Coating</i>	10
2.3.3 PVD (<i>Physical Vapour Deposition</i>) <i>Coating</i>	10
2.3.4 Deposisi Elektroforesis	10
2.4 Kitosan	13
2.4.1 Struktur Kitosan	13

2.4.2 Sifat Kitosan.....	14
2.4.3 Penggunaan Kitosan	15
2.4.3 <i>Coating</i> Kitosan.....	15
2.5 Karakterisasi	16
2.5.1 Pengukuran Ketebalan Lapisan.....	16
2.5.2 Pengukuran Laju Korosi	16
2.5.3 Pengamatan Tekstur Lapisan Kitosan.....	18
BAB III METODOLOGI.....	19
3.1 Alat dan Bahan.....	19
3.1.1 Alat	19
3.1.2 Bahan.....	19
3.2 Prosedur	19
3.2.1 Preparasi Spesimen Baja.....	19
3.2.2 Pembuatan Larutan Asam Asetat 0,525 M	19
3.2.3 Pembuatan Larutan Asam Asetat 0,026 M	20
3.2.4 Pembuatan Larutan Kitosan 0,08%	20
3.2.5 Pembuatan Larutan NaCl 3% ($^W/V$)	20
3.2.6 Pelapisan Baja dengan Kitosan	20
3.2.7 Pengujian dengan <i>Coating Thickness</i>	20
3.2.8 Pengujian dengan Polarisasi Potensiodinamik	20
3.2.9 Karakterisasi dengan Mikroskop Optik	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Proses Elektroforesis	23

4.2 Pengaruh Suhu Terhadap Ketebalan Lapisan Kitosan	24
4.3. Hasil Pengujian dengan Polarisasi Potensiodinamik.....	25
4.4 Pengaruh Suhu Terhadap Tekstur Permukaan Lapisan Kitosan	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme Korosi.....	7
Gambar 2. 2 Mekanisme korosi <i>Stainless Steel</i> pada media NaCl	9
Gambar 2. 3 Pergerakan partikel pada proses elektroforesis.....	11
Gambar 2. 4 Struktur Kitin.....	13
Gambar 2. 5 Struktur Kitosan.....	14
Gambar 2. 6 Skema Alat Uji Korosi.....	17
Gambar 2. 7 Kurva polarisasi potensiodinamik	18
Gambar 4. 1 Foto tampilan spesimen yang telah dilapisi kitosan	24
Gambar 4. 2 Kurva polarisasi blanko dan spesimen yang telah dicoating dalam media korosi NaCl 3% (W/V).....	26
Gambar 4. 3 Tekstur permukaan lapisan kitosan pada spesimen yang dicoating pada Suhu ruang.....	28
Gambar 4. 4 Tekstur permukaan lapisan kitosan pada spesimen yang dicoating pada suhu 50 °C.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan unsur yang ada pada <i>Stainless Steel</i> Tipe 304	5
Tabel 4.1 Ketebalan lapisan kitosan pada spesimen	25
Tabel 4.2 Hasil potensial korosi dan arus korosi dari uji polarisasi potensiodinamik.....	26

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Skema Kerja.....	37
LAMPIRAN B Pembuatan Larutan.....	38
LAMPIRAN C Data Pengujian Ketebalan.....	41
LAMPIRAN D Perhitungan Standar Deviasi dan Interval Kepercayaan.....	42
LAMPIRAN E Kurva Polarisasi	44
LAMPIRAN F Parameter Korosi	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan salah satu paduan logam yang banyak digunakan dalam bidang industri. Baja sendiri memiliki banyak tipe, dan salah satu jenis yang sering digunakan sebagai konstruksi dalam industri adalah *Stainless Steel* tipe 304 (SS 304). *Stainless Steel* tipe 304 merupakan paduan besi, 18% Cr, 8,8% Ni dan logam lain dalam jumlah kecil. *Stainless Steel* tipe 304 sering digunakan sebagai bahan konstruksi utama dalam industri nuklir, petroleum, energi, obat-obatan, industri kimia dan elektrokimia (Fouda, dkk., 2009). Baja ini memiliki ketahanan korosi yang baik karena memiliki lapisan krom oksida pada permukaannya. Selain itu baja ini juga sering digunakan dalam beberapa industri makanan dan untuk peralatan makan (AK Steel, 2007). Pemilihan *Stainless Steel* tipe 304 sebagai pengemas makanan karena menawarkan proteksi fisik yang sangat bagus, mudah dibentuk, mudah dibersihkan, dekoratif dan juga tahan terhadap bakteri (Fellows dan Axtell, 2002). Tetapi dalam penggunaannya sebagai pengemas makanan, baja ini akan mengalami kontak dengan asam organik dan garam seperti asam asetat dan natrium klorida dalam makanan. Sehingga baja tersebut akan mudah mengalami korosi.

Korosi merupakan reaksi elektrokimia antara logam dengan lingkungan sekitarnya. Laju korosi ditentukan oleh faktor lingkungan seperti adanya oksigen, pH, dan adanya ion-ion klorida (Nurfiyanda, dkk., 2011). Korosi dapat menyebabkan penurunan mutu logam, sehingga diperlukan pelapisan atau *coating* untuk melindungi permukaan logam dari korosi. Pada tulisan ini dilakukan *coating Stainless Steel* tipe 304 menggunakan kitosan. Kitosan merupakan suatu amina polisakarida hasil proses deasetilasi kitin. Penggunaan kitosan sebagai *coating* sudah tidak asing lagi. Beberapa contoh

penggunaan kitosan sebagai *coating* antara lain: *coating* kitosan pada paduan aluminium AA-2024 (Lundvall, dkk., 2007), *coating* kitosan secara elektroforesis pada *Stainless Steel* AISI 316 I (Gebhart, dkk., 2012), dan *coating* film kitosan pada paduan TiNi (Titanium Nikel) (Chang, dkk., 2012).

Metode *coating* kitosan yang akan digunakan adalah deposisi elektroforesis. Deposisi elektroforesis merupakan proses pembentukan endapan pada permukaan elektroda dengan cara memindahkan partikel yang terdispersi dalam larutan menuju permukaan elektroda menggunakan medan listrik (Jonathan, dkk., 2006). Pada proses deposisi elektroforesis, partikel bermuatan atau makromolekul polimer dalam suspensi akan bergerak menuju elektroda dibawah pengaruh medan listrik. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju migrasi partikel pada proses elektroforesis yaitu: muatan partikel, medan listrik yang digunakan, suhu dan sifat dari media yang digunakan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rogacs dan Santiago (2013) tentang pengaruh suhu pada proses elektroforesis, didapatkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan pada proses elektroforesis maka mobilitas elektroforesis dan konduktivitas larutan juga semakin tinggi. Mobilitas yang semakin tinggi dapat meningkatkan laju pembentukan endapan (Meepho, dkk., 2011), tetapi suhu yang semakin tinggi menyebabkan pembentukan gas hidrogen pada katoda meningkat, gas hidrogen yang terbentuk berdifusi melalui lapisan endapan sehingga mengakibatkan lapisan menjadi lebih berpori (Lazic, dkk., 2004). Dari hasil penelitian Lazic tersebut, didapat suhu yang optimal dalam proses elektroforesis adalah 30°C.

1.2 Permasalahan

Kenaikan suhu menyebabkan mobilitas partikel meningkat. Meningkatnya mobilitas dapat berpengaruh terhadap kualitas lapisan yang dilihat dari ketebalan lapisan dan laju korosi. Sehingga dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh suhu

terhadap kualitas *coating* kitosan pada *Stainless Steel* tipe 304 secara elektroforesis.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah variasi suhu dilakukan pada suhu ruang, 35 °C, 40 °C, 45 °C, dan 50 °C.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kualitas pelapisan kitosan pada *Stainless Steel* tipe 304 secara elektroforesis yang ditentukan dari ketebalan lapisan dan laju korosi dalam media NaCl 3%.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan informasi suhu yang optimal dalam melakukan proses *coating* kitosan pada *Stainless Steel* tipe 304 secara elektroforesis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Stainless Steel* Tipe 304

Stainless Steel tipe 304 merupakan salah satu jenis baja tahan karat austenitik. Kandungan dari *Stainless Steel* tipe 304 ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kandungan unsur yang ada pada *Stainless Steel* tipe 304

Kandungan	% Berat
C	0,08
Cr	18-20
Fe	66,345-74
Mn	2
Ni	8-10,5
P	0,45
S	0,03
Si	0,75

(AK Steel, 2007)

Stainless steel tipe ini sudah banyak digunakan dalam berbagai industri. Beberapa aplikasi dari *Stainless Steel* tipe 304 antara lain:

- digunakan sebagai peralatan memasak dan peralatan makan,
- sebagai bahan konstruksi utama dalam industri makanan dan minuman,
- sebagai bahan peralatan medis,
- sebagai bahan konstruksi industri kertas,
- digunakan dalam industri minyak dan gas.

2.1.1 Kelebihan *Stainless Steel* Tipe 304

Stainless Steel tipe 304 banyak digunakan dalam industri karena beberapa alasan yaitu:

- a. memiliki ketahanan korosi yang baik,
- b. dapat digunakan pada suhu tinggi antara 1038-1121°C,
- c. mudah dibentuk,
- d. memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi (AK Steel, 2007).

Selain itu kelebihan baja jenis ini dalam penggunaannya sebagai pengemas makanan adalah:

- a) Tidak menyebabkan kontaminasi terhadap produk makanan,
- b) Mudah dibersihkan,
- c) Tidak mudah terkorosi,
- d) Dekoratif
- e) Tahan terhadap bakteri, dan
- f) Memiliki sifat mekanik yang baik (Fellows dan Axtell, 2002).

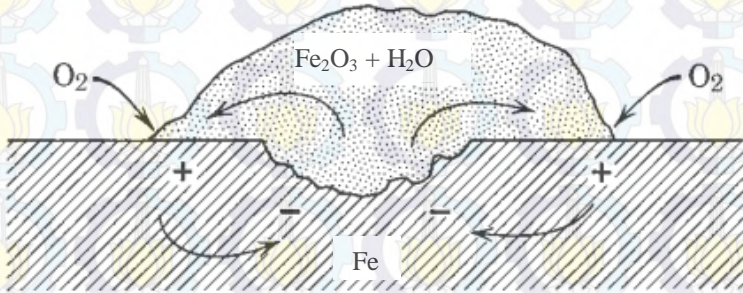
Meskipun *Stainless Steel* tipe 304 dikenal dengan ketahanannya terhadap korosi, tetapi baja ini masih dapat terkorosi dalam medium yang mengandung asam dan garam.

2.2 Korosi

Korosi adalah suatu destruksi logam akibat reaksi kimia antara logam dan lingkungannya. Proses terjadinya korosi dalam lingkungan elektrolit adalah suatu proses elektrokimia. Proses ini terjadi apabila ada reaksi setengah sel yang melepaskan elektron dan ada reaksi setengah sel yang menerima elektron (Chodijah, S., 2008).

Reaksi korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia yang melibatkan perpindahan elektron-elektron. Elektron tersebut dihasilkan dari proses reaksi redoks yang terjadi saat korosi berlangsung. Mekanisme korosi ditunjukkan oleh Gambar 2.1,

reaksi korosi melibatkan reaksi anodik yang terjadi di anoda dan reaksi katodik yang terjadi di katoda.

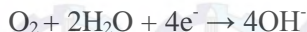


Gambar 2. 1 Mekanisme Korosi (Uhlig dan Revie, 2008)

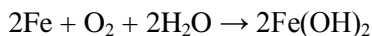
Reaksi anodik diindikasikan dengan peningkatan bilangan valensi dan dihasilkannya produk elektron. Proses korosi dari suatu logam M merupakan suatu proses oksidasi logam tersebut menjadi suatu ion M^{n+} dengan melepaskan n elektron. Untuk logam besi, reaksi oksidasi yang terjadi ditunjukkan pada reaksi berikut:



Reaksi katodik diindikasikan dengan penurunan nilai valensi dan konsumsi elektron yang telah dihasilkan pada reaksi anodik. Contoh reaksi katodik yang terjadi pada proses korosi ditunjukkan pada reaksi berikut:



Sehingga reaksi keseluruhan yang terjadi pada proses korosi besi ditunjukkan pada reaksi berikut:



Elektron akan mengalir dari anoda menuju katoda untuk mencapai kesetimbangan yang dinamis. Pergerakan elektron ini menghasilkan arus listrik yang memiliki arah aliran berlawanan dengan elektron, yaitu dari katoda menuju anoda (Chodijah, S., 2008).

2.2.1 Korosi *Stainless Steel* Tipe 304 dalam Media Garam dan Asam Organik

Makanan dan minuman mengandung senyawa anorganik dan organik dalam bentuk asam dan garam, beberapa asam dan garam yang terkandung dalam makanan dan minuman adalah asam asetat, asam benzoat, asam sitrat, dan natrium klorida. Sehingga dalam penggunaannya sebagai pengemas makanan, *Stainless Steel* tipe 304 akan mengalami kontak dengan garam dan asam yang ada dalam makanan tersebut.

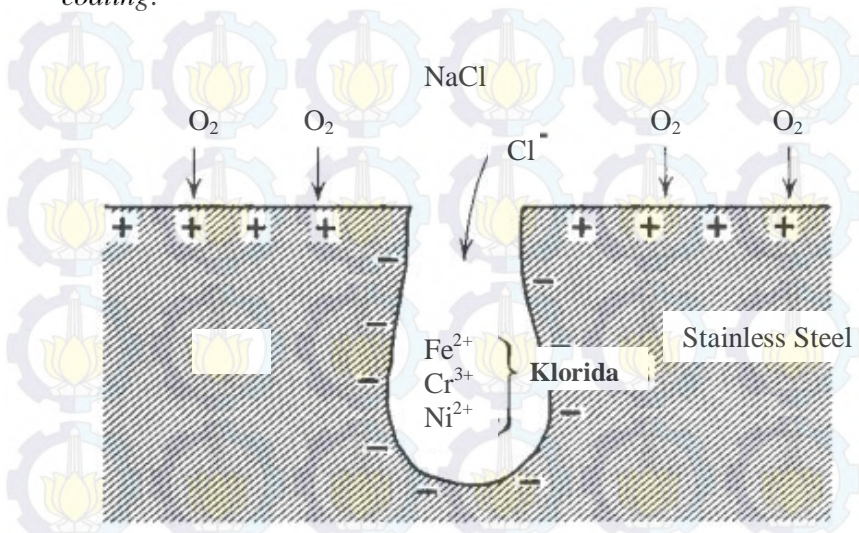
Asam asetat dan asam-asam organik bersifat korosif terhadap logam. Salah satu contoh adalah asam asetat, asam asetat akan bereaksi dengan besi yang ada pada baja menghasilkan gas hidrogen dan lapisan garam besi asetat yang mudah larut (Sari, dkk., 2008). Reaksi antara besi dan asam asetat ditunjukkan pada reaksi berikut:



Selain itu, natrium klorida yang terkandung dalam makanan juga dapat menyebabkan korosi pada baja. Natrium klorida mengandung ion klorida yang merupakan ion agresif. Ion klorida dapat merusak lapisan pasif yang ada pada baja dan mempercepat laju korosinya. Mekanisme terjadinya korosi pada larutan garam NaCl ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Terkait dengan aplikasi *Stainless Steel* tipe 304 dalam industri makanan, maka korosi dari baja jenis ini harus dikendalikan, karena korosi dapat menyebabkan kontaminasi dalam makanan dan minuman hasil olahan. Salah satu cara untuk mengendalikan korosi pada *Stainless Steel* tipe 304 adalah dengan memutus interaksi logam dengan lingkungan. Pemutusan

interaksi logam dengan lingkungan dapat dilakukan dengan cara *coating*.



Gambar 2. 2 Mekanisme korosi *Stainless Steel* pada media NaCl (Uhlig dan Revie, 2008)

2.3 Coating

Coating merupakan proses untuk melapisi suatu substrat dengan tujuan untuk memberikan perlindungan terhadap substrat tersebut. *Coating* dibedakan menjadi *coating* organik dan *coating* anorganik. Beberapa metode *coating* yang telah digunakan untuk pengendalian korosi *Stainless Steel* tipe 304 antara lain: sol-gel, CVD (*Chemical Vapour Deposition*) *coating*, PVD (*Physical Vapour Deposition*) *coating* dan deposisi elektroforesis.

2.3.1 Sol-Gel

Pada proses sol-gel, fasa padatan dihasilkan melalui gelasi suspensi koloid. Secara umum proses sol-gel terdiri dari beberapa tahap, yaitu: hidrolisis dan polikondensasi, pembentukan gel,

aging, drying, densifikasi dan kristalisasi. Salah satu pelapisan *Stainless Steel* tipe 304 dengan metode sol-gel adalah pelapisan *Stainless Steel* tipe 304 dengan film TiO₂ (Curkovic, dkk., 2013).

2.3.2 CVD (Chemical Vapour Deposition) Coating

Metode CVD melibatkan disosiasi atau reaksi kimia dari reaktan gas, diikuti dengan pembentukan produk padat yang stabil. Deposisi melibatkan reaksi fasa gas homogen dan reaksi kimia heterogen yang terjadi pada permukaan substrat yang dipanaskan, menyebabkan terbentuknya serbuk atau film. Salah satu penggunaan CVD coating pada *Stainless Steel* 304 adalah coating *Stainless Steel* 304 dengan menggunakan silika (Perez dkk., 2001).

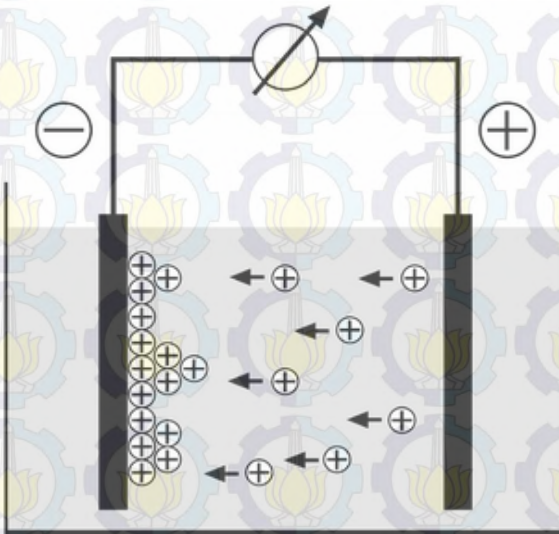
2.3.3 PVD (Physical Vapour Deposition) Coating

PVD merupakan metode pelapisan dengan cara menguapkan bahan pelapis secara fisik dan mengembunkan pada substrat atau material yang akan dilapisi pada suhu tertentu dan dalam kondisi vakum. Pada umumnya PVD mengacu pada 3 metode yaitu: penguapan, ion plating dan sputtering. Salah satu penggunaan metode PVD pada *Stainless Steel* 304 adalah coating *Stainless Steel* 304 menggunakan TiCN (Feng, dkk., 2003).

2.3.4 Deposisi Elektroforesis

Proses elektrodeposisi adalah proses pelapisan bahan yang berupa media koloid atau media larutan pada suatu substrat dengan cara memberikan medan listrik eksternal (Andiko, 2003). Metode pelapisan ini menggunakan teknik pemisahan komponen atau molekul bermuatan berdasarkan tingkat migrasinya dalam sebuah medan listrik (Sarkar, dkk., 1996). Mekanisme dari deposisi elektroforetik meliputi dua tahap. Tahap pertama, medan listrik antar elektroda positif dan negatif menyebabkan partikel yang ada pada larutan bergerak kearah elektroda yang berlawanan dengan muatannya. Arah pergerakan partikel pada deposisi elektroforesis ditunjukkan oleh Gambar 2.3. Tahap kedua, partikel akan terdeposisi pada permukaan logam yang dijadikan

elektroda, dan akan menutup rapat permukaan logam secara homogen dalam bentuk lapisan film. Untuk meningkatkan efektifitas terjadinya deposisi partikel pada permukaan logam, diperlukan suspensi stabil yang berisi partikel bermuatan bebas yang bergerak ketika terjadi medan listrik (Corni, dkk., 2009).



Gambar 2.3 Pergerakan partikel pada proses elektroforesis (Urch, dkk., 2006)

Laju migrasi partikel pada proses deposisi elektroforesis dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Muatan partikel
- b. Medan listrik yang digunakan
- c. Suhu
- d. Sifat dari media yang digunakan.

Sedangkan ketebalan lapisan yang terbentuk selama proses deposisi elektroforesis dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- a. Waktu pelapisan
- b. Konsentrasi partikel terlarut

c. Suhu larutan

d. Besar tegangan yang digunakan (Lazic, dkk., 2004).

Metode deposisi elektroforesis memiliki beberapa kelebihan dibanding metode lain, yaitu: mampu mengontrol ketebalan lapisan (film), mengontrol keseragaman lapisan, mengontrol laju deposisi dan mampu mengontrol proses pendeposisian pada daerah tertentu pada substrat (Zhitomirsky, dkk., 1998).

Suhu larutan mempengaruhi laju migrasi partikel pada proses deposisi elektroforesis. Kenaikan suhu mengakibatkan meningkatnya mobilitas dan konduktivitas larutan (Rogacs dan Santiago, 2013). Kenaikan suhu menyebabkan murunnnya viskositas larutan sehingga laju migrasi partikel dalam larutan meningkat. Meningkatnya laju migrasi partikel ini menyebabkan lapisan yang terbentuk semakin tebal (Lazic, dkk., 2004). Pengaruh kenaikan suhu pada proses elektroforesis sudah diteliti oleh Rao (1986), Rao melakukan proses elektroforesis β -alumina dengan suhu larutan divariasi dari 40°C sampai 70 °C. Hasil penelitian Rao menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan hasil endapan yang diperoleh juga semakin besar. Pengaruh suhu juga diteliti oleh Meepho (2011), Meepho melakukan proses elektroforesis YSZ dengan variasi suhu dari 30°C sampai 75°C. Hasil penelitian Meepho menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan laju pembentukan endapan YSZ juga semakin tinggi.

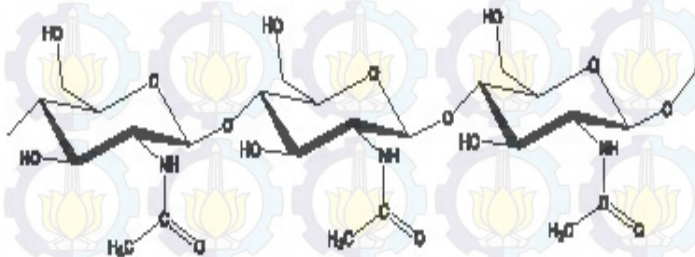
Selain berpengaruh terhadap laju pembentukan endapan, kenaikan suhu juga mempengaruhi kualitas lapisan endapan. Pada proses elektroforesis terjadi pembentukan gas hidrogen pada katoda. Menurut Lazic (2004) pembentukan gas hidrogen ini semakin meningkat dengan meningkatnya suhu proses elektroforesis. Meningkatnya pembentukan hidrogen ini menyebabkan lapisan endapan menjadi lebih berpori. Hasil penelitian Lazic yang memvariasikan suhu proses elektroforesis dari 20 °C sampai 40 °C menunjukkan bahwa diatas suhu 30°C migrasi partikel meningkat yang diikuti dengan meningkatnya

hidrogen yang terbentuk, sehingga semakin banyak hidrogen yang berdifusi melalui lapisan endapan. Hal ini mengakibatkan lapisan endapan memiliki lebih banyak pori.

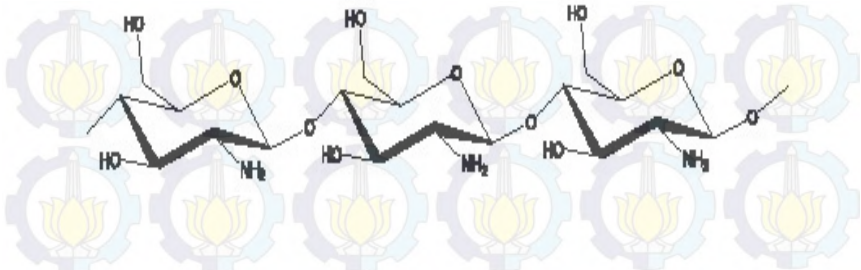
2.4 Kitosan

2.4.1 Struktur Kitosan

Kitosan merupakan polisakarida rantai lurus yang tersusun oleh monomer glukosamin yang terhubung melalui ikatan (1-4) β -glikosidik. Kitosan dapat ditemukan pada cangkang golongan *Crustacea* seperti udang, kepiting, kulit ari serangga dan dinding sel dari fungi. Kitosan didapatkan dengan proses deasetilasi kitin. Proses deasetilasi kitin menggunakan larutan NaOH pekat mengubah gugus asetil dari kitin menjadi gugus amina pada kitosan (Wiyarsi, 2009). Struktur kitin dan kitosan ditunjukkan oleh Gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar 2. 4 Struktur Kitin



Gambar 2. 5 Struktur Kitosan

2.4.2 Sifat Kitosan

Kitosan memiliki gugus NH_2 yang menyebabkan kitosan bersifat basa dan bersifat lebih nukleofil. Pada pH yang rendah kitosan merupakan polikation, kitosan terprotonasi sempurna pada pH 4,0 dan dibawahnya. Kelarutan kitosan bergantung pada densitas muatan yang berhubungan dengan parameter struktural dan parameter lingkungan. Parameter struktural misalnya derajat deasetilasi, panjang rantai, dan distribusi dari unit N-glukosamina terasetilasi. Sedangkan parameter lingkungan misalnya pH, konstanta ionik dan parameter dielektrik (Barbosa, dkk., 2011).

Kitosan tidak larut dalam air dan beberapa pelarut organik seperti dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilformamida (DMF), pelarut alkohol organik dan piridin. Kitosan larut dalam asam organik atau asam mineral encer melalui protonasi gugus amino bebas, gugus NH_2 akan terprotonasi menjadi NH_3^+ pada pH kurang dari 6,5. Pelarut yang baik untuk kitosan adalah asam format, asam asetat dan asam glutamat. Selain itu, kitosan juga bersifat kationik, nontoksik, *biodegradable* dan biokompatibel (Wiyarsi, 2009). Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis, tidak beracun dan baik sebagai flokulan dan koagulan serta mudah membentuk membran atau film (Rismana, 2004).

2.4.3 Penggunaan Kitosan

Perkembangan penggunaan kitosan dalam berbagai industri meningkat seiring dengan semakin dibutuhkannya bahan alami oleh berbagai industri pada tahun 1970-an. Kitosan digunakan dalam berbagai industri seperti industri farmasi, kesehatan, biokimia, bioteknologi, pengolahan limbah, kosmetik, agroindustri, industri tekstil, industri perkayuan, industri kertas dan industri elektronika. Kitosan sering digunakan dalam pengolahan limbah cair karena memiliki bersifat resin penukar ion sehingga mampu meminimalisasi logam-logam berat (Robert, 1992). Selain itu kitosan juga sering digunakan sebagai edible *coating* untuk melapisi makanan, sifat antimikroba pada kitosan dapat meningkatkan umur simpan bahan makanan tersebut (Anggraeni, 2012).

2.4.3 Coating Kitosan

Pada umumnya senyawa-senyawa organik yang digunakan sebagai pelindung logam dari korosi adalah golongan surfaktan, polimer, senyawa aromatik, senyawa yang mengandung ikatan rangkap, dan senyawa yang mengandung atom oksigen, nitrogen, sulfur, dan fosfor. Senyawa tersebut memiliki pasangan elektron bebas dan elektron phi yang akan berikatan dengan logam sehingga logam terisolasi dari media korosif (Erna, dkk., 2011).

Kitosan memiliki gugus $-OH$ dan $-NH_2$ yang banyak mengandung pasangan elektron bebas yang tidak stabil dan dapat berikatan langsung dengan permukaan logam sehingga permukaan logam tidak mengalami kontak langsung dengan media korosi (Erna, dkk., 2011).

Kitosan dapat digunakan untuk proteksi korosi melalui metode *coating* maupun inhibitor. *Coating* kitosan biasa dilakukan dengan metode deposisi elektroforesis. Salah satu penelitian tentang *coating* kitosan secara elektroforesis adalah *coating* kitosan pada *stainless steel* AISI 316 L. Dari hasil polarisasi potensiodinamik dari penelitian ini didapat bahwa kitosan mampu menurunkan arus korosi dari $1,03 \times 10^{-7}$ A

menjadi $5,6 \times 10^{-8}$ A dengan proses elektroforesis menggunakan potensial 2,5 V. (Gebhart, dkk., 2012)

2.5 Karakterisasi

2.5.1 Pengukuran Ketebalan Lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan dengan menggunakan alat *Coating Thickness*. *Coating thickness* dapat memeriksa lapisan pada besi dan non-besi. Untuk mengukur ketebalan lapisan pada substrat besi, alat ini menggunakan prinsip induksi magnetik. Sedangkan untuk pengukuran ketebalan lapisan pada substrat non-besi, prinsip yang digunakan adalah mekanika fluida.

2.5.2 Pengukuran Laju Korosi

Pengukuran laju korosi dilakukan dengan menggunakan Potensiostat. Potensiostat merupakan suatu peralatan penelitian elektrokimia yang digunakan untuk mengamati fenomena selama proses korosi terjadi. Potensiostat memberikan potensial terhadap benda uji sehingga pengukuran arus bisa dilakukan. Pada potensiostat terdapat tiga macam elektroda, yaitu: elektroda kerja, elektroda bantu, dan elektroda pembanding/acuan. Elektroda kerja merupakan benda yang akan diuji. Elektroda bantu adalah elektroda yang mengangkut arus hasil proses korosi yang terjadi dalam sel agar tidak melalui elektroda pembanding. Elektroda pembanding merupakan elektroda yang memiliki potensial konstan yang digunakan sebagai acuan pengukuran potensial pada elektroda kerja. Arus yang melalui elektroda pembanding harus sekecil mungkin agar dapat diabaikan, karena kalau tidak, elektroda ini akan ikut dalam reaksi sel dan potensialnya tidak lagi konstan. Potensiostat dihubungkan dengan suatu perangkat lunak yang disebut Echem, sehingga arus yang dihasilkan pada setiap potensial dapat terekam secara langsung oleh komputer (Butarbutar dan Sunaryo, 2011). Skema alat uji korosi ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Hasil dari pengujian korosi menggunakan potensiostat berupa kurva polarisasi. Dari kurva polarisasi tersebut didapatkan data berupa arus korosi, potensial korosi dan laju korosi. Arus korosi didapat dari ekstrapolasi tafel pada daerah linier anodik dan daerah linier katodik seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Sedangkan laju korosi dapat dihitung dari densitas arus yang didapat dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$r = 0,129 \frac{EW \times i}{D} \quad (2.1)$$

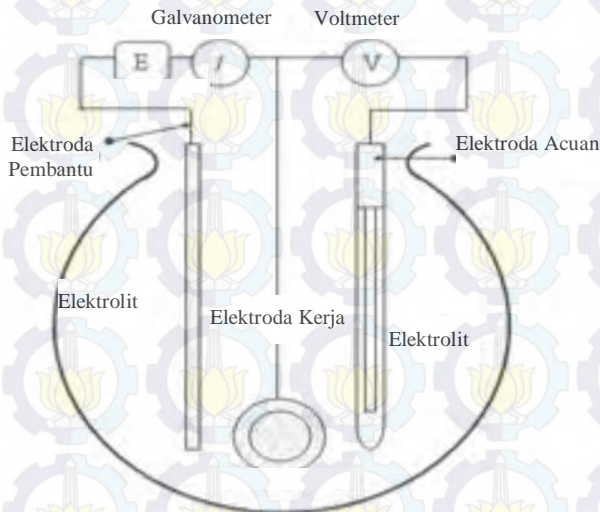
Dimana:

r :laju korosi (mpy)

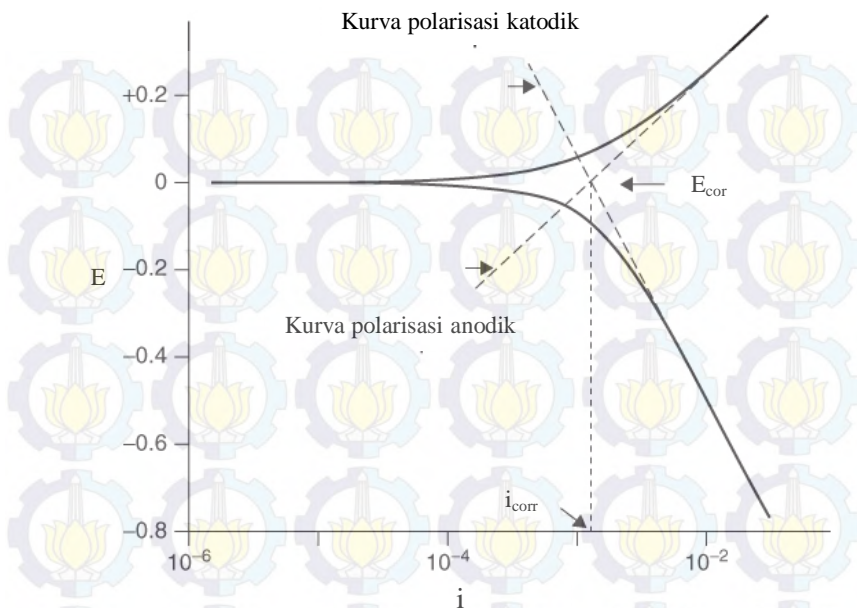
EW :berat akuivalen

i :densitas arus ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)

D :densitas logam (g/cm^3) (Jones, 1992)



Gambar 2. 6 Skema Alat Uji Korosi (Chamberlain, 1991)



Gambar 2. 7 Kurva polarisasi potensiodinamik (Tan, 2013)

2.5.3 Pengamatan Tekstur Lapisan Kitosan

Pengamatan tekstur lapisan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik digital. Pada dasarnya prinsip kerja mikroskop optik digital hampir sama dengan mikroskop optik biasa, hanya saja dalam penggunaannya mikroskop ini dihubungkan dengan seperangkat komputer, kamera digital dan software.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas, peralatan Instrument dan kertas ampelas. Peralatan gelas yang dipakai adalah gelas beaker 100 mL, gelas ukur, pengaduk, labu ukur 100 mL, kaca arloji dan kertas ampelas. Peralatan instrument yang digunakan adalah neraca analitis dan potensiostat lengkap dengan elektroda pembanding SCE (*Saturated Calomel Electrode*) dan elektroda bantu Platina (Pt).

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Stainless Steel* tipe 304, kertas ampelas, resin akrilat/polietilen, logam platina, kitosan dengan derajat deasetilasi 87%, asam asetat glasial, NaCl p.a, aseton, aquadest.

3.2 Prosedur

3.2.1 Preparasi Spesimen Baja

Stainless Steel tipe 304 dipotong dengan ukuran 1cm x 5cm. Baja digosok dengan kertas ampelas sampai bersih. Kemudian baja dilapisi dengan cat poliakrilik sampai tersisa area 1cm² disalah satu sisi. Baja dikeringkan, lalu dicuci dengan aquades, dan dibilas dengan aseton.

3.2.2 Pembuatan Larutan Asam Asetat 0,525 M

Larutan Asam asetat 0,525 M dibuat dengan mengencerkan 3 ml asam setat glasial dengan menambahkan aquades dalam labu 100 ml hingga tanda batas.

3.2.3 Pembuatan Larutan Asam Asetat 0,026 M

Larutan Asam Asetat 0,026 M dibuat dengan mengencerkan 25 ml asam asetat 0,525 M dengan menambahkan aquades dalam labu 500 ml hingga tanda batas.

3.2.4 Pembuatan Larutan Kitosan 0,08% (W/V)

Larutan kitosan 0,08% dibuat dengan melarutkan 0,4 gram kitosan dalam asam asetat 0,026 M sampai volume 500 ml.

3.2.5 Pembuatan Larutan NaCl 3% (W/V)

Larutan NaCl 3% dibuat dengan melarutkan 3 gram NaCl dengan menambahkan aquades dalam labu ukur 100 ml hingga tanda batas.

3.2.6 Pelapisan Baja dengan Kitosan

Pada proses ini, spesimen baja yang telah dibersihkan dicelupkan dalam larutan kitosan yang telah disiapkan dan dihubungkan dengan sumber arus. Baja bertindak sebagai katoda dan Platina (Pt) digunakan sebagai anoda. Tegangan yang digunakan adalah 2,5V dan waktu pelapisan adalah 10 menit. Suhu larutan divariasi pada suhu ruang, 35°C, 40°C, 45°C dan 50°C.

3.2.7 Pengujian dengan *Coating Thickness*

Pengujian dengan *coating thickness* ini bertujuan untuk mengetahui ketebalan dari lapisan kitosan yang terbentuk dipermukaan spesimen baja. Untuk uji ini, digunakan masing-masing 3 sampel untuk setiap variasi suhu. Pengujian dilakukan pada 5 titik dari setiap spesimen yang digunakan. 5 titik yang dipilih berada pada bagian atas, tengah, bawah, kiri dan kanan.

3.2.8 Pengujian dengan Polarisasi Potensiodinamik

Uji ini dilakukan untuk mengetahui parameter elektrokimia seperti densitas arus, potensial korosi dan konstanta tafel menggunakan autolab Metrohm tipe AUT84948 yang

dilengkapi 3 elektroda.. Baja yang telah dilapisi kitosan dirangkai menjadi suatu sel elektrokimia dan dihubungkan pada potensiostat, dimana baja sebagai elektroda kerja, SCE (*Saturated Calomel Electrode*) sebagai elektroda pembanding, dan Platina sebagai elektroda bantu. Kemudian ketiga elektroda tersebut dicelupkan dalam media korosi, media korosi yang digunakan adalah larutan NaCl 3%. Pengukuran dilakukan pada perubahan potensial elektroda -400 mV sampai 100 mV, dan *scan rate* 5 mV/s.

3.2.9 Karakterisasi dengan Mikroskop Optik

Spesimen yang telah dilapisi kitosan pada suhu ruang dan suhu 50 °C diamati tekstur permukaannya dengan menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap tekstur lapisan.

BAB IV

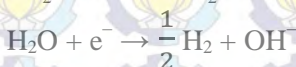
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Elektroforesis

Pada waktu kitosan dilarutkan dalam asam asetat terjadi proses pelarutan dimana gugus amina pada kitosan mengalami protonasi dari -NH_2 menjadi -NH_3^+ yang ditunjukkan reaksi berikut:



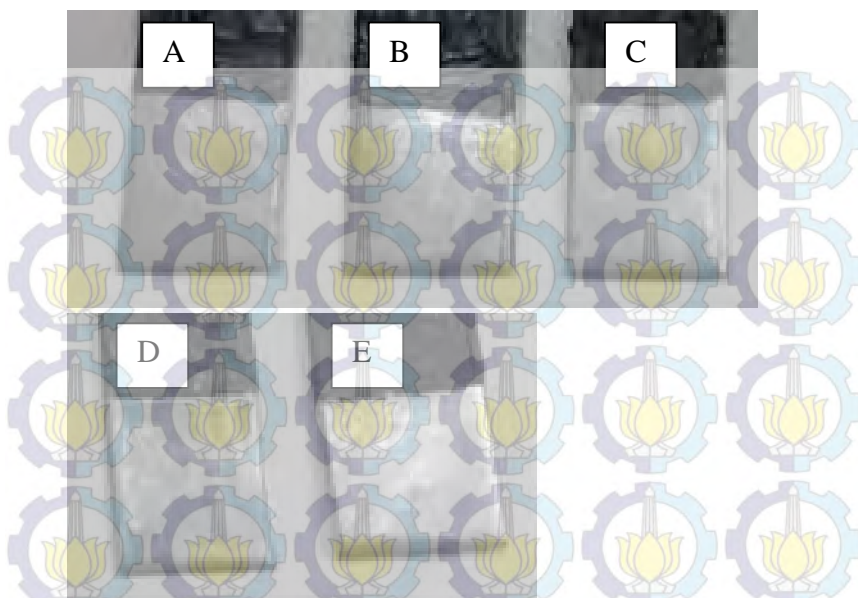
Arus yang diberikan saat proses elektroforesis menyebabkan molekul kitosan yang bermuatan bergerak menuju katoda. Saat proses elektroforesis berlangsung, dihasilkan gelembung-gelembung udara dipermukaan katoda (spesimen baja). Hal ini disebabkan karena pada katoda terjadi reaksi katodik yang menghasilkan gas H_2 . Reaksi yang terjadi pada katoda adalah sebagai berikut:



Kitosan yang bergerak menuju katoda membentuk endapan pada permukaan katoda. Terbentuknya ion OH^- pada katoda menyebabkan kitosan yang telah terprotonasi kehilangan muatannya dan membentuk endapan yang tidak larut (Zhitomirsky, dkk.,2007). Proses pembentukan endapan ditunjukkan pada reaksi berikut:



Hasil spesimen Stainless Steel tipe 304 yang telah dicoating dengan kitosan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Foto tampilan spesimen yang telah dilapisi kitosan, a) suhu 50 °C, b) 45 °C ,c) 40 °C ,d) 35 °C ,e)suhu ruang

4.2 Pengaruh Suhu Terhadap Ketebalan Lapisan Kitosan

Pelapisan *Stainless Steel* tipe 304 dengan kitosan dilakukan dengan menggunakan tegangan 2,5 V dan rentang waktu 10 menit. Variasi suhu yang digunakan adalah: suhu ruang, 35 °C, 40 °C, 45 °C, dan 50 °C, spesimen yang telah dicoating kemudian diuji ketebalannya. Pengujian ketebalan lapisan dilakukan sebanyak 5 titik pada bagian atas, tengah, bawah, kiri dan kanan. Hasil pengujian masing-masing sampel tercantum dalam lampiran C, dan hasil ketebalan rata-rata ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Ketebalan lapisan kitosan pada spesimen

Suhu	Ketebalan
Suhu ruang	$44,07 \pm 6,05 \mu\text{m}$
35 °C	$44,33 \pm 4,75 \mu\text{m}$
40 °C	$44,67 \pm 5,24 \mu\text{m}$
45 °C	$45,73 \pm 4,78 \mu\text{m}$
50 °C	$49,73 \pm 6,86 \mu\text{m}$

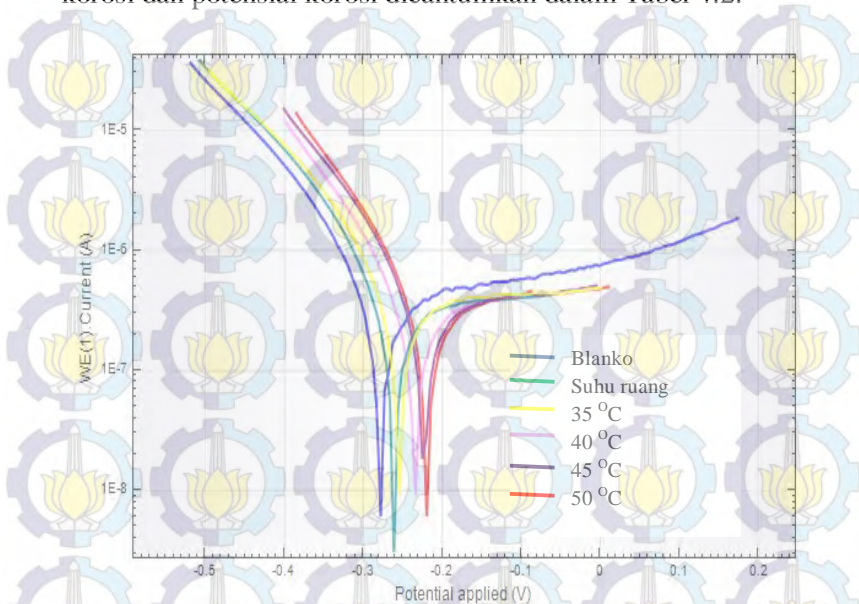
Data pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa ketebalan lapisan semakin meningkat dengan meningkatnya suhu, dengan ketebalan lapisan tertinggi $49,73 \pm 6,86 \mu\text{m}$ pada suhu 50 °C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa besarnya suhu pada proses *coating* mempengaruhi ketebalan lapisan yang terbentuk pada *Stainless Steel* tipe 304. Semakin tinggi suhu yang digunakan semakin tebal lapisan yang terbentuk. Menurut Lazic (2004) semakin tinggi suhu larutan yang digunakan maka viskositas larutan akan menurun menyebabkan laju pergerakan partikel meningkat. Peningkatan laju pergerakan partikel ini mengakibatkan laju pembentukan lapisan lebih cepat, sehingga lapisan yang terbentuk lebih tebal. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Meepho (2011), dimana laju pembentukan endapan YSZ (*Yttria Stabilized Zirconia Ceramics*) pada stainless steel meningkat dengan meningkatnya suhu larutan YSZ yang digunakan saat proses elektroforesis berlangsung.

4.3. Hasil Pengujian dengan Polarisasi Potensiodinamik

Metode polarisasi potensiodinamik digunakan untuk mengetahui seberapa besar arus korosi (i_{corr}) dan potensial korosi (E_{corr}) dari spesimen *Stainless Steel* tipe 304 yang telah dilapisi kitosan. Pengujian dilakukan dalam larutan NaCl 3%. Hasil dari pengujian ini berupa kurva polarisasi anodik dan katodik dari *Stainless Steel* tipe 304 yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 menunjukkan kurva polarisasi dari spesimen yang belum dicoating dan yang sudah dicoating pada suhu ruang,

35°C, 40°C, 45°C dan 50°C. Parameter korosi yang meliputi arus korosi dan potensial korosi dicantumkan dalam Tabel 4.2.



Gambar 4. 2 Kurva polarisasi blanko dan spesimen yang telah dicoating dalam media korosi NaCl 3% (W/V)

Tabel 4. 2 Hasil potensial korosi dan arus korosi dari uji polarisasi potensiodinamik.

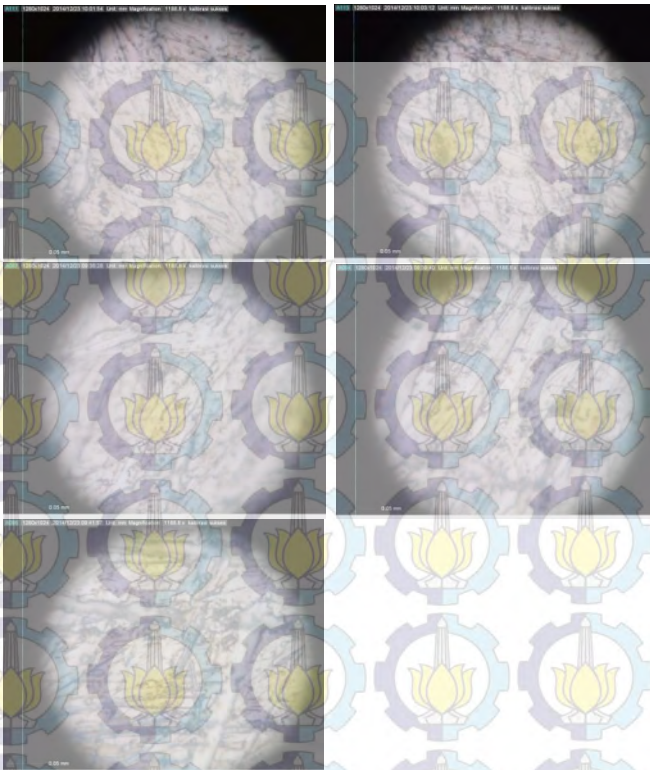
Suhu	Potensial Korosi (E_{corr})	Laju Korosi
Blanko	-278,570 mV	0,00121 mpy
Suhu ruang	-260,920 mV	0,00087 mpy
35 °C	-254,850 mV	0,00076 mpy
40 °C	-234,650 mV	0,00071 mpy
45 °C	-223,210 mV	0,00069 mpy
50 °C	-220,130 mV	0,00065 mpy

Hasil pada Tabel 4.2 menunjukkan potensial korosi semakin bergeser ke arah positif dan laju korosi semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Spesimen yang dicoating pada suhu 50 °C menghasilkan potensial korosi sebesar -220,130 mV dan laju korosi paling rendah sebesar 0,00065 mpy. Hasil dari metode polarisasi tersebut sesuai dengan hasil pengukuran dengan *coating thickness*. Semakin tinggi suhu pada proses elektroforesis menghasilkan lapisan yang semakin tebal. Lapisan kitosan yang terbentuk pada permukaan logam membentuk pembatas antara permukaan logam dengan media pengkorosi yang dapat menurunkan laju korosi. Sehingga semakin tinggi suhu proses elektroforesis, laju korosi akan semakin menurun.

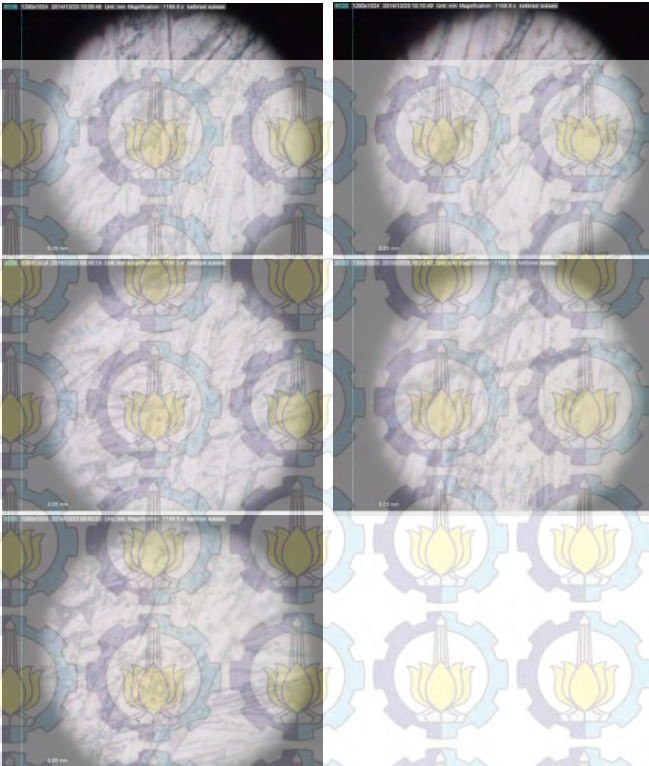
4.4 Pengaruh Suhu Terhadap Tekstur Permukaan Lapisan Kitosan

Tekstur lapisan kitosan pada permukaan spesimen diamati pada 5 titik dengan menggunakan Mikroskop Optik dengan perbesaran 100 kali. Ada 2 spesimen yang diamati, yaitu spesimen yang dicoating pada suhu ruang dan suhu 50 °C. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu proses elektroforesis yang digunakan terhadap tekstur lapisan kitosan yang terbentuk pada spesimen. Hasil pengamatan dengan Mikroskop Optik dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4.

Berdasarkan hasil pengamatan dengan Mikroskop Optik terlihat bahwa tekstur lapisan antara 2 spesimen tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kedua spesimen tersebut menunjukkan tekstur lapisan yang hampir sama. Hal ini sesuai dengan penelitian Meepho (2011) yang dilakukan dengan memvariasikan suhu larutan YSZ pada suhu ruang, 45°C, 60°C dan 75°C. Berdasarkan hasil pengamatan, didapat bahwa kenaikan suhu larutan selama proses deposisi elektroforesis tidak mempengaruhi tekstur lapisan yang terbentuk.



Gambar 4. 3 Tekstur permukaan lapisan kitosan dari lima titik yang berbeda pada spesimen yang dicoating pada suhu ruang.



Gambar 4. 4 Tekstur permukaan lapisan kitosan dari lima titik yang berbeda pada spesimen yang dicoating pada suhu 50 °C.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh suhu terhadap kualitas *coating Stainless Steel* tipe 304 dengan kitosan secara elektroforesis, maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu menghasilkan kualitas lapisan yang semakin baik yang ditunjukkan oleh parameter ketebalan lapisan dan laju korosi, tetapi tidak berpengaruh terhadap tekstur permukaan lapisan kitosan. Berdasarkan penelitian ini hasil terbaik didapat pada suhu 50°C yang menghasilkan ketebalan sebesar $49,73 \pm 6,86 \mu\text{m}$ dan laju korosi sebesar 0,00065 mpy.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah lebih fokus terhadap pengaruh suhu dengan rentang suhu yang lebih tinggi agar didapat suhu yang paling optimal untuk pelapisan *Stainless Steel* tipe 304 dengan kitosan sehingga pelapisan *Stainless Steel* tipe 304 dengan kitosan dapat diaplikasikan di industri makanan.

DAFTAR PUSTAKA

AK Steel. 2007. **304/304 L Stainless Steel**. www.aksteel.com. Diunduh 23 Desember 2014.

Anggraeni, E. 2012. “Penggunaan Kitosan Sebagai Pengawet Alami Terhadap Mutu Daging Ayam Segar Selama Penyimpanan Suhu Ruang”. **Skripsi**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Barbosa, M.A., Pego, A.P. dan Amaral I.F., 2011. “2.213-Chitosan”. In **Comprehensive Biomaterial**. P. Ducheyne. Elsevier, Oxford. 221-237.

Butarbutar, S.L. dan Sunaryo G.R. 2011. “Analisis Mekanisme Pengaruh Inhibitor Siskem pada Material Baja Karbon”. **Prosiding Seminar Nasional Ke-17 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir**, 559-566.

Chamberlain, J. dan Trethewey, K.R. 1991. **Korosi**. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Chang, S.-H. dan Huang, J.-J. 2012. “Biodegradability and Anticoagulant Properties of Chitosan ang sulfonated chitosan films coated on TiNi alloys”. **Surface and Coatings Technology**, 4959-4963.

Chodijah, S. 2008. “Efektifitas Penggunaan Pelapis Epoksi Terhadap Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM Didalam Tanah”. **Skripsi**. Universitas indonesia. Depok.

Corni, I., Ryan, M.P. dan Boccaccini, A.R. (2008). “Electrophoretic Deposition: From Traditional Ceramics to Nanotechnology”. **Journal the European Ceramics Society** 28, 1353-1367.

Curkovic, L., Helena, O.C., Sara, S., Marijana, M.R. dan Suzana, Š. 2013. "Enhancement of corrosion protection of AISI 304 stainless steel by nanostructured sol-gel TiO₂ films". **Corrosion Science**, 176-184.

Erna, M., Emriadi, Admin, A. dan Syukri, A. 2011. "Karboksimetil Kitosan Sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Media Air Gambut". **Jurnal Matematika & Sains** 16, 2, 106-110.

Fellows, P. dan Axtell, B. 2002. **Appropriate Food Packaging; Material and Methods for Small Business**. Essex U.K: ITDG Publishing.

Feng, H.P., Hsu, C.H., Lu, J.K. dan Shy, Y.H. 2003. "Effect of PVD Sputtered Coating on the Corrosion Resistance of AISI 304 Stainless Steel". **Material Science and Engineering A347**, 123-129.

Fouda, A.S. dan Ellithy, A.S. 2009. "Inhibition Effect of 4 Phenylthiazole derivatives on corrosion of 304L Stainless Steel in HCl Solution". **Corrosion Science** 85, 868-875.

Gebhardt, F., Seuss, S., Turhan, M.C., Hornberger, H., Virtanen, S. dan Boccaccini, A.R. 2012. "Characterization of Electrophoretic Chitosan Coatings on Stainless Steel". **Materials Letters**, 302-304.

Gyliene, O., Razmure, I., Tarozaitė, R. dan Nivinskiene, O. 2003. "Chemical Composition and Sorption Properties of Chitosan Produced from Fly Larva Shells". **Chemija (Vilnius)**, 121-127.

Jonathan, J., Tassel, V. dan Rndall C.A. 2006. "Mechanisms of Electrophoretic Deposition". **Key Engineering Materials**, 167-174.

Jones, D.A. 1992. **Principles and Prevention of Corrosion**. New York: Macmillan Publishing Company.

Lazic, M.S., Simovic, K., Miskovic-Stankovic, V.B. dan Kicevic, D. 2004. "The Influence of the Deposition Parameter on the Porosity of Thin Alumina Films on Steel". **Jurnal Serbian Chemistry Society** 69, 3, 239-249.

Lundvall, O., Gulppi, M., Paez, M.A., Gonzales, E., Zagal, J.H., Paves, J. dan Thompson, G.E. 2007. "Copper Modified Chitosan for Protection of AA-2024". **Surface and Coating Technology**, 5973-5978.

Meepho, M., Wattanasiriwech, D., Wattanasiriwech, S. dan Angwattana, P. 2011. "Effect of Heating Suspension on Fabrication of YSZ Thin Film Using Electrophoretic Deposition Process". **TICHe International Conference 2011**. Thailand.

Nurfiyanda, F., Harmami dan Wahyudi, A. 2010. "Inhibisi Korosi Baja SS 304 dalam Media H_2SO_4 dengan Isatin". **Prosiding skripsi semester genap 2010/2011**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Perez, F.J., Hierro, M.P., Carpintero, C., Pedraza, F. dan Gomez, C. 2001. "Silicon Deposition on AISI 304 Stainless Steel by CVD in Fluidized Bed Reactors: Analysis of Silicide Formation and Adhesion of Coatings". **Surface and Coating Technology** 140, 93-98.

Rao, D.U.K., Malage, A.B., Baral, D. dan Subbarao, E.C. 1986. "Kinetics of Electrophoretic Deposition of β -alumina". **Bulletin of Material Science** 8,1, 1-11.

Rismana. 2004. **Serat Kitosan Menyerap Minyak**. www.kompas.com. Diakses 12 April 2014.

Robert, G.A.F. 1992. **Chitin Chemistry**. London: The Macmillan Press.

Rogacs, A. Dan Santiago, J.G. 2013. "Temperature Effect on Electrophoresis". **Analytical Chemistry** 85, 5103-5113.

Sari, N.H. dan Asmara, P.A. 2008. "Pengaruh Asam Asetat Terhadap Korosi di Lingkungan CO₂". **Jurnal Fakultas Teknik Universitas Mataram** 9, 1, 34-40.

Tan, Y. 2013. **Heterogeneous Electrode Processes and Localized Corrosion**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Uhlig, H.H. dan Revie, R.W. 2008. **Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering 4th Edition**. Hoboken: John Wiley and Sons, Inc.

Urch, H., Franzka, S., Dahlhaus, D., Hartmann, N., Hasselbrink, E. dan Eppler, M. 2006. "Preparation of Two-Dimensionally Patterned Layers of Functionalised Calcium Phosphate Nanoparticles by Laser Direct Writing". **Journal of Materials Chemistry** 16, 1798-1802

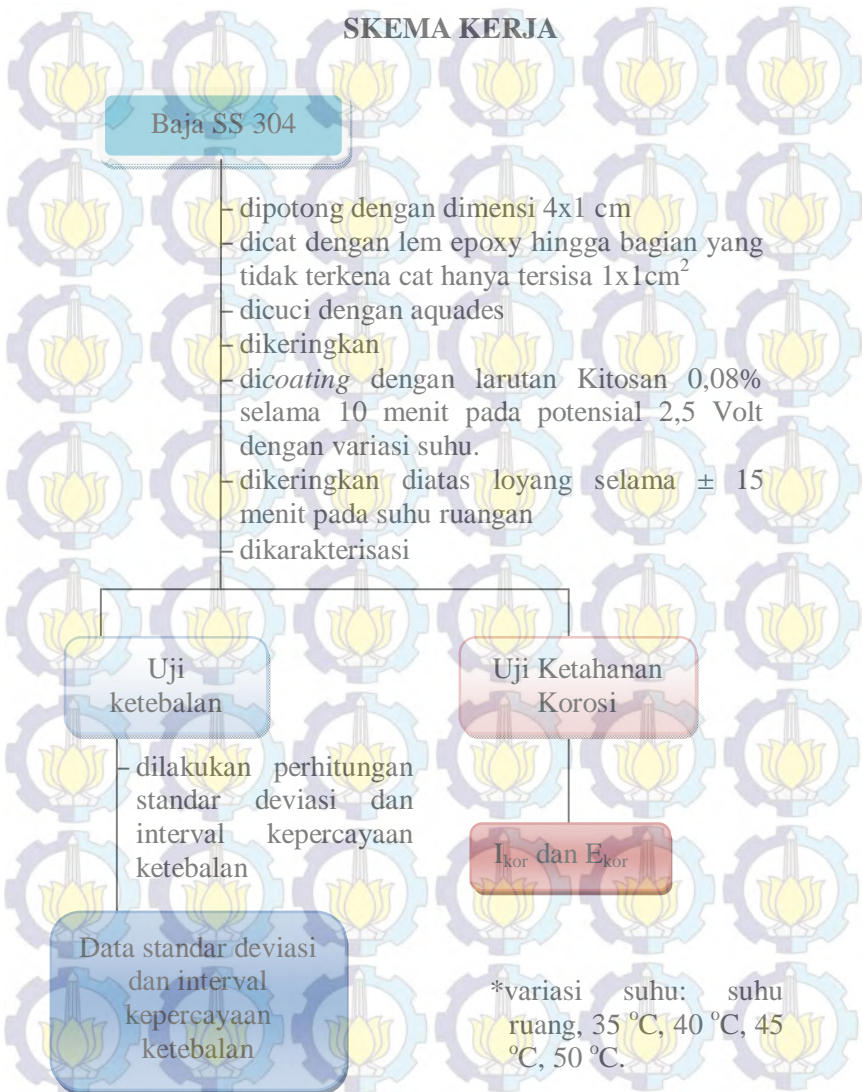
Wiyarsi, A. dan Priyambodo, E. 2009. "Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat". **Skripsi**. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Zhitomirsky, I. 1998. "Electrophoretic and Electrolytic Deposition of Ceramic Coating on Carbon Fiber". **Journal of Europe Ceramic Society** 18, 849-856.

Zhitomirsky, I. dan Hashambhoy, A. 2007. "Chitosan-mediated Electrosynthesis of Organic-Inorganic Nanocomposites". **Journal of Materials Processing Technology** 191, 68-72.

LAMPIRAN A

SKEMA KERJA



LAMPIRAN B

PEMBUATAN LARUTAN

B.1 Pembuatan Larutan Asam Asetat 0,525 M

Teoritis:

Pembuatan larutan Asam Asetat 0,525 M, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M \text{ asam asetat glasial} &= \frac{1000 \times \rho \times \% \text{ massa}}{M_r} : 1\text{L} \\ &= \frac{1000 \times 1,049 \times 100\%}{60,05} : 1\text{L} \\ &= 17,47 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$17,47 V_1 = 0,525 \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 3,005 \approx 3 \text{ ml}$$

Praktek:

Larutan Asam Asetat glasial diambil sebanyak 3 ml, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

B.2 Pembuatan Larutan Asam Asetat 0,026 M

Teoritis:

Larutan asam asetat 0,026 M dibuat dengan perhitungan sebagai berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,525 V_1 = 0,026 \times 500 \text{ ml}$$

$$V_1 = 24,76 \text{ ml} \approx 25 \text{ ml}$$

Praktek:

Larutan asam asetat 0,525 M diambil sebanyak 25 mL kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 500 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas.

B.3 Pembuatan Larutan Kitosan 0,08% (w/v)

Teoritis:

Pembuatan larutan Kitosan 0,08%, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Larutan Kitosan } 0,08\% = \frac{0,08 \text{ gram Kitosan}}{100 \text{ ml larutan}}$$

$$\text{Larutan Kitosan } 0,08\% = \frac{0,4 \text{ gram Kitosan}}{500 \text{ mL larutan}}$$

Praktek:

Pembuatan larutan Kitosan 0,08% dengan melarutkan 0,4 gram Kitosan dengan Asam Asetat 0,026 M dalam beaker glass sampai larut, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 500 ml dan ditambahkan Asam Asetat 0,026 M hingga tanda batas, sehingga didapatkan Larutan Kitosan dengan konsentrasi 0,08% (w/v).

B.4 Pembuatan Larutan NaCl 3%

Teoritis:

Pembuatan larutan NaCl 3%, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Larutan NaCl 3\%} = \frac{3 \text{ gram}}{100 \text{ ml larutan}}$$

Praktek:

Pembuatan larutan NaCl 3% dengan melarutkan 3 gram NaCl dengan akuades dalam beaker glass sampai larut, kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan akuades hingga tanda batas, sehingga didapatkan Larutan NaCl sebagai media korosi dengan konsentrasi 3% ($^w/v$).

LAMPIRAN C

DATA PENGUJIAN KETEBALAN LAPISAN

Tabel C.1 Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Kitosan dengan Variasi Suhu

Suhu	Spesimen	Ketebalan (μm)				
		1	2	3	4	5
Suhu ruang	1	27	38	38	48	49
	2	45	38	45	49	40
	3	46	47	44	42	54
35 °C	1	43	40	41	38	52
	2	51	41	42	40	50
	3	48	44	41	41	53
40 °C	1	41	45	43	38	49
	2	52	42	43	41	58
	3	41	40	41	53	43
45 °C	1	49	44	50	37	45
	2	43	43	42	49	56
	3	50	43	43	40	52
50 °C	1	58	51	43	44	67
	2	46	41	47	41	47
	3	52	57	53	43	56

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN STANDART DEVIASI DAN INTERVAL KEPERCAYAAN

Perhitungan Standart Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{\Delta x})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{110,91}{5-1}}$$

$$S = 5,27$$

(untuk spesimen lain digunakan cara yang sama)

Perhitungan Interval Kepercayaan (μ)

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < \text{ketebalan} < \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$40 - (1,96 \cdot 2,36) < \text{ketebalan} < 40 + (1,96 \cdot 2,36)$$

$$40 - 4,63 < \text{ketebalan} < 40 + 4,63$$

Maka dapat dikatakan ketebalan lapisan kitosan pada spesimen 1 pada Suhu ruang sebesar $40 \pm 4,63$.

(untuk spesimen lain digunakan cara yang sama)

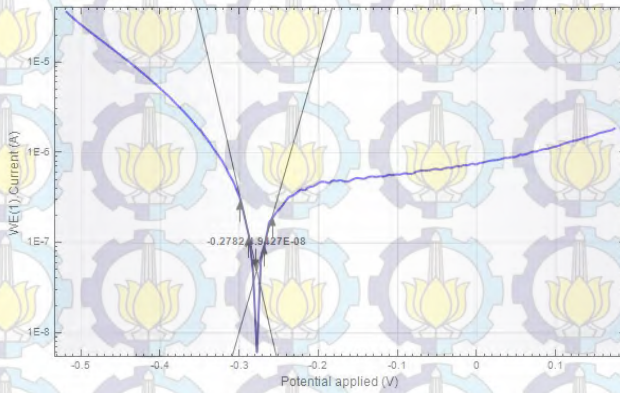
Tabel D.1 Data Standart Deviasi dan Interval Kepercayaan Ketebalan Lapisan Kitosan dengan Variasi Suhu

Suhu	Spe- simen	x	\bar{x}	s	\bar{s}	Kete- balan
Suhu ruang	1	45,6	44,07	5,27	6,90	44,07±6,05
	2	40		10,06		
	3	46,6		5,37		
35 °C	1	42,8	44,33	5,71	5,42	44,33±4,75
	2	44,8		5,29		
	3	45,4		5,27		
40 °C	1	43,2	44,67	4,46	5,98	44,67±5,24
	2	47,2		7,98		
	3	43,6		5,50		
45 °C	1	45	45,73	5,21	5,45	45,73±4,78
	2	46,6		6,02		
	3	45,6		5,13		
50 °C	1	52,6	49,73	10,56	7,83	60,86±6,86
	2	44,4		6,73		
	3	52,2		6,19		

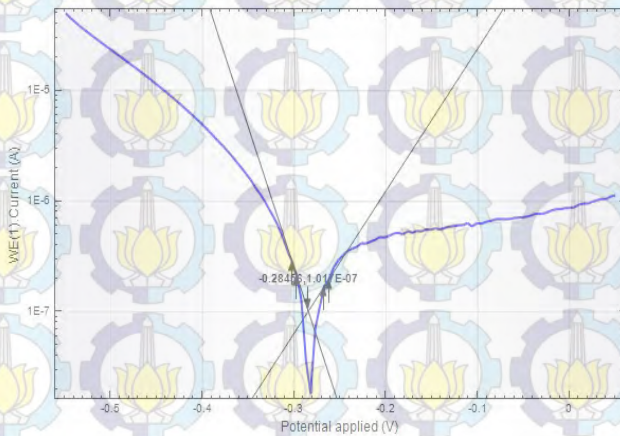
LAMPIRAN E

KURVA POLARISASI

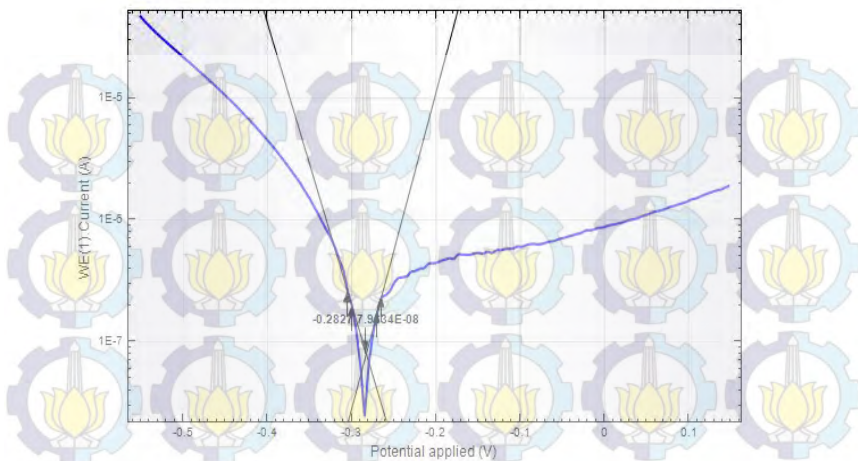
E.1 Spesimen yang belum dicoating (Blanko)



Gambar E. 1 Spesimen 1

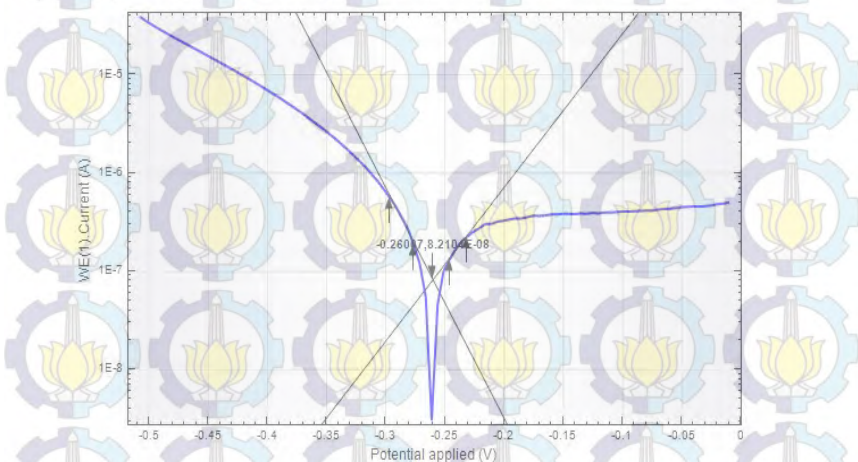


Gambar E. 2 Spesimen 2

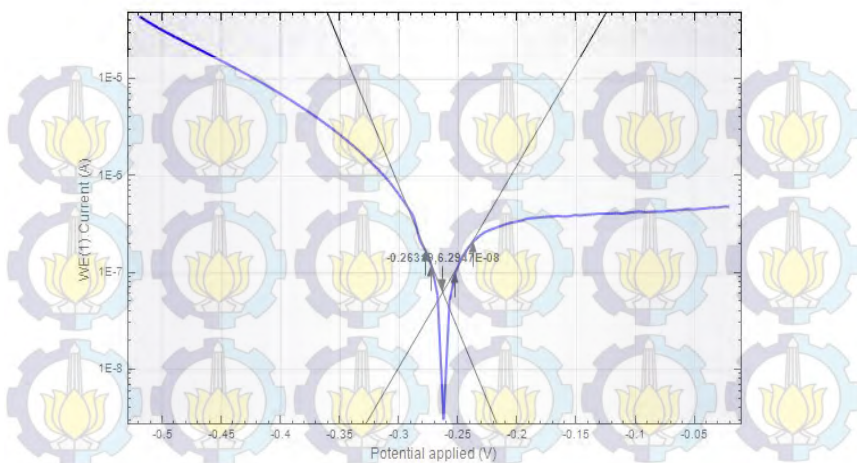


Gambar E. 3 Spesimen 3

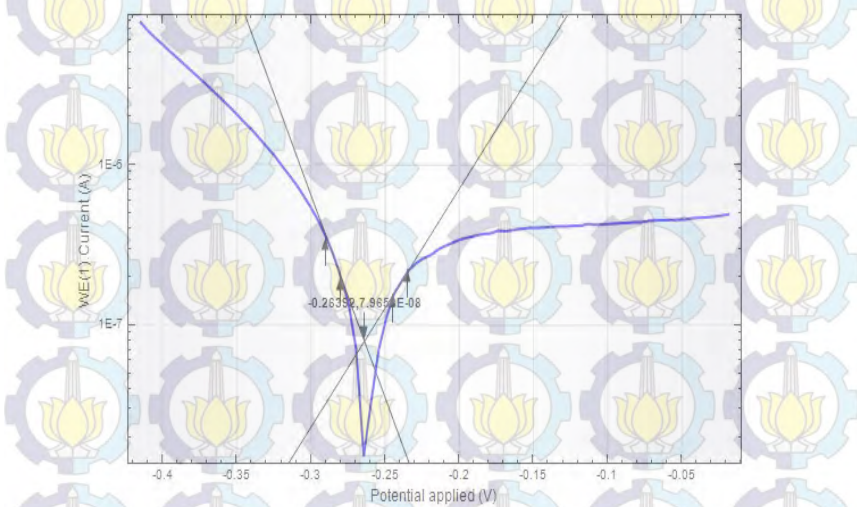
E.2 Suhu Ruang



Gambar E. 4 Spesimen 1

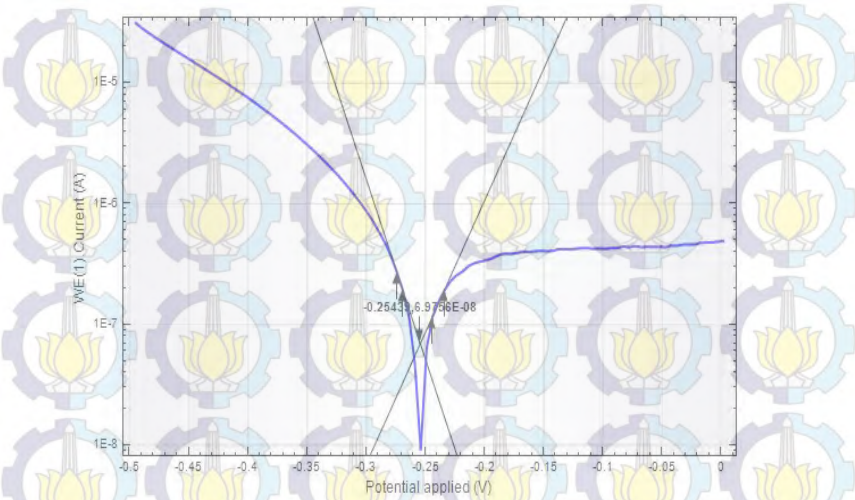


Gambar E. 5 Spesimen 2

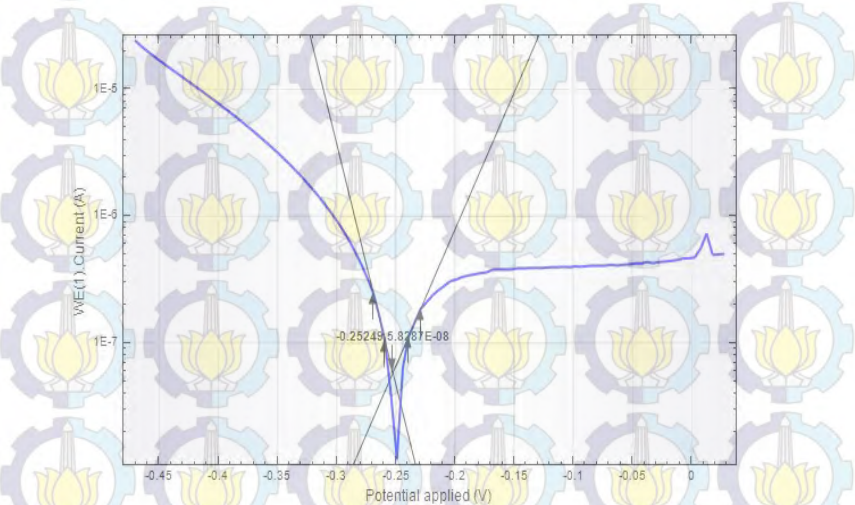


Gambar E. 6 Spesimen 3

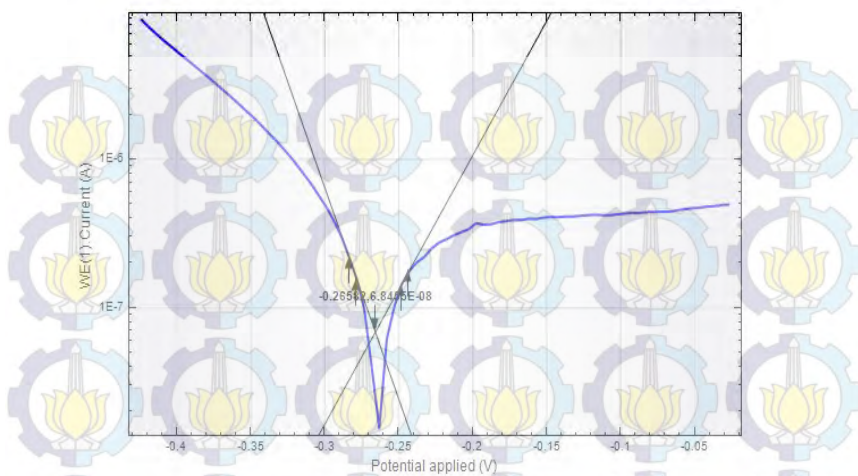
E.3 Suhu 35 °C



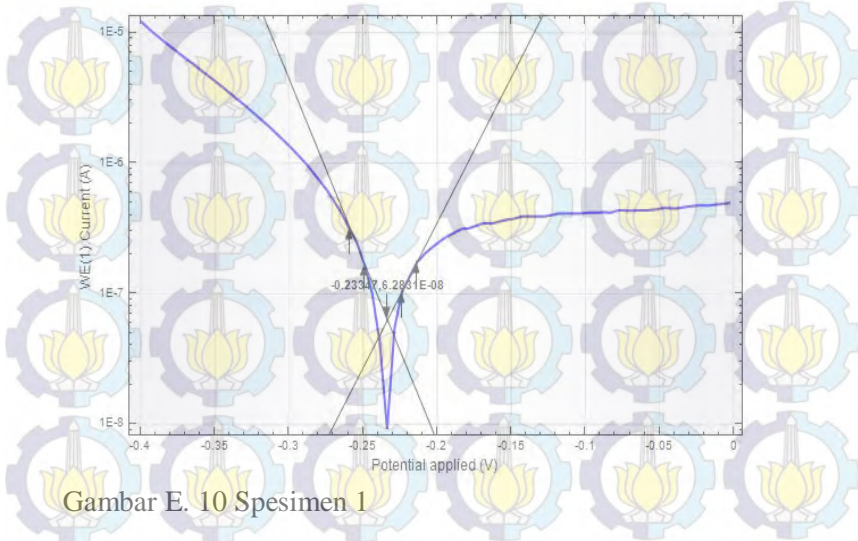
Gambar E. 7 Spesimen 1



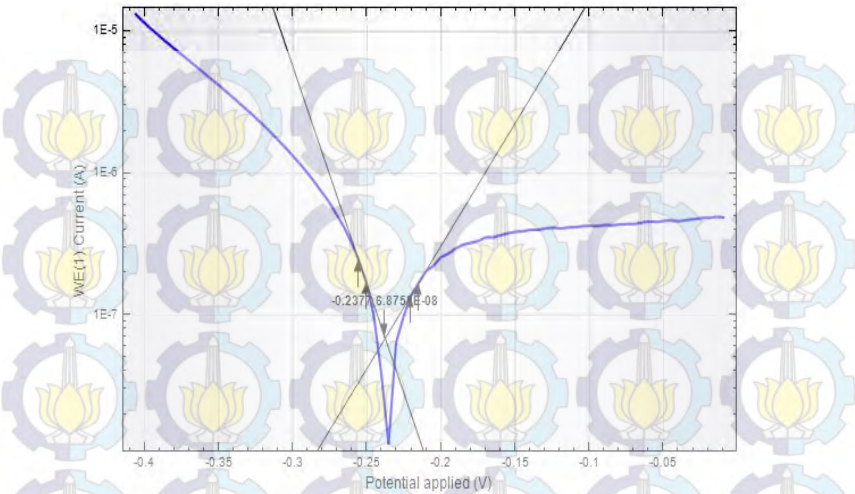
Gambar E. 8 Spesimen 2



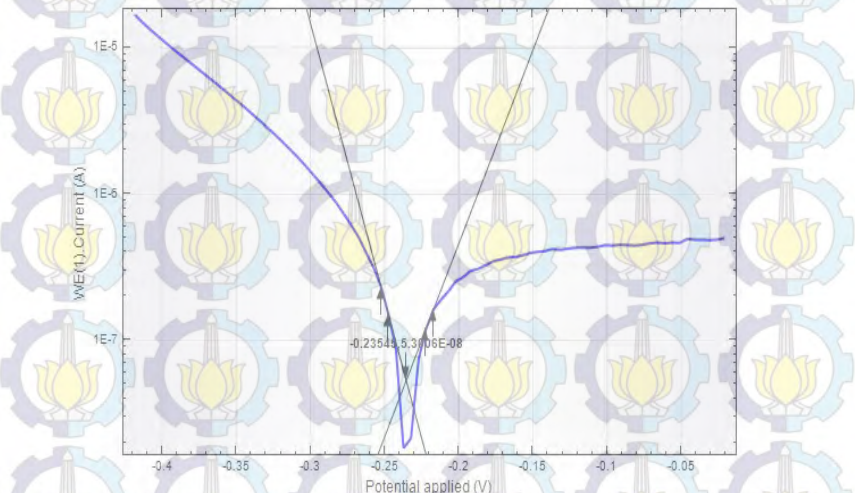
Gambar E. 9 Spesimen 3

E.4 Suhu 40 °C

Gambar E. 10 Spesimen 1

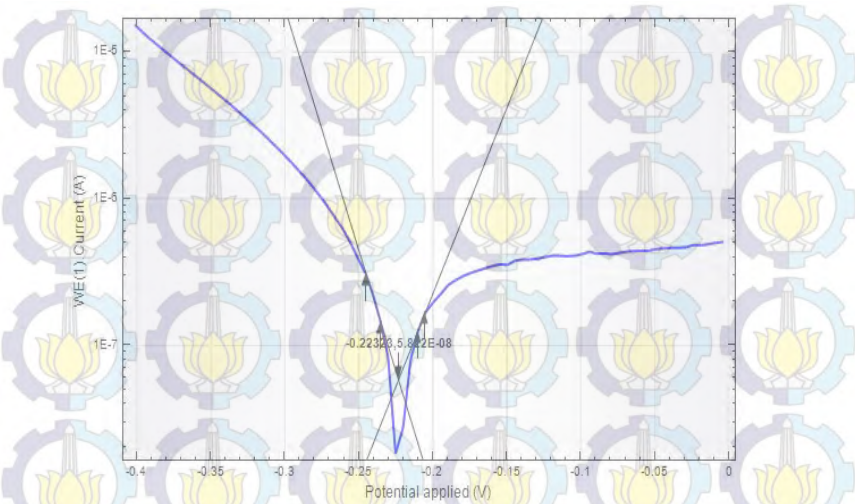


Gambar E. 11 Spesimen 2

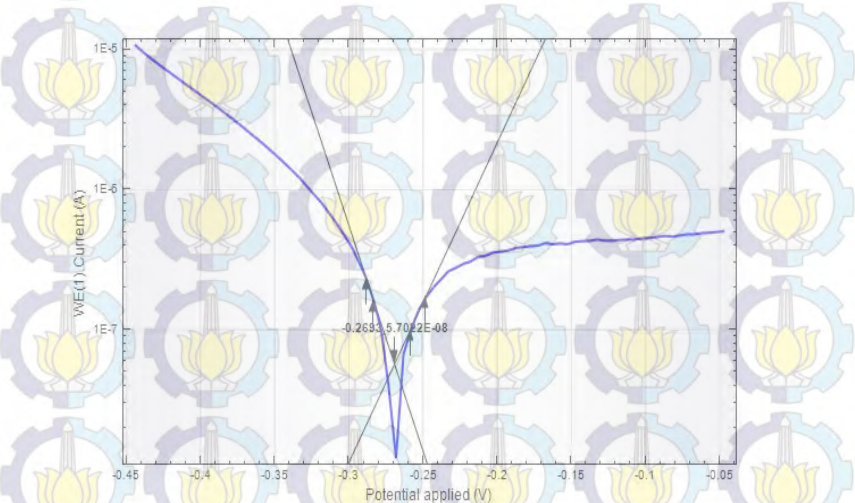


Gambar E. 12 Spesimen 3

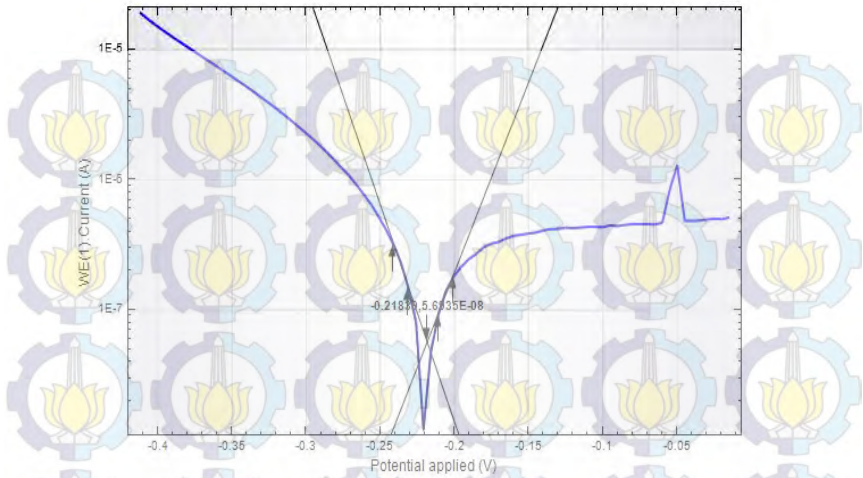
E.5 Suhu 45 °C



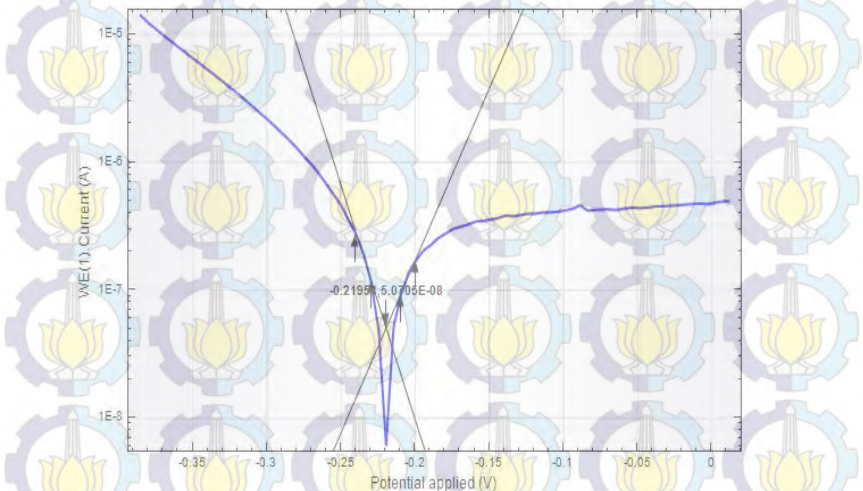
Gambar E. 13 Spesimen 1



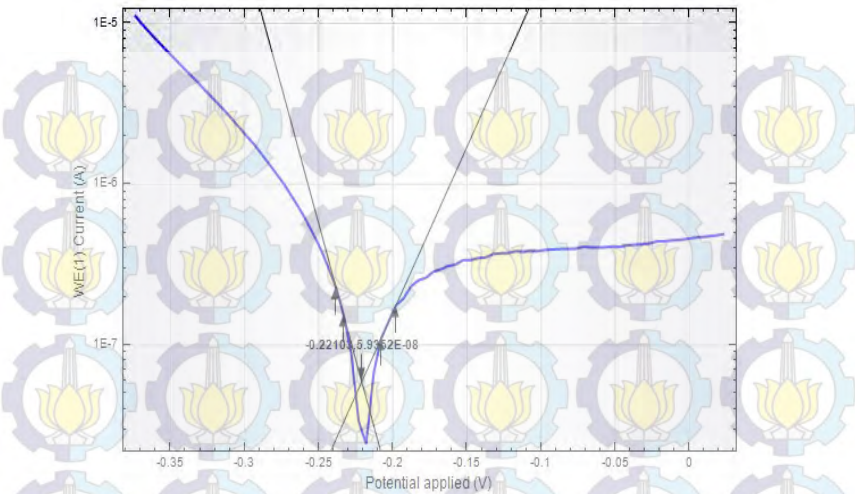
Gambar E. 14 Spesimen 2



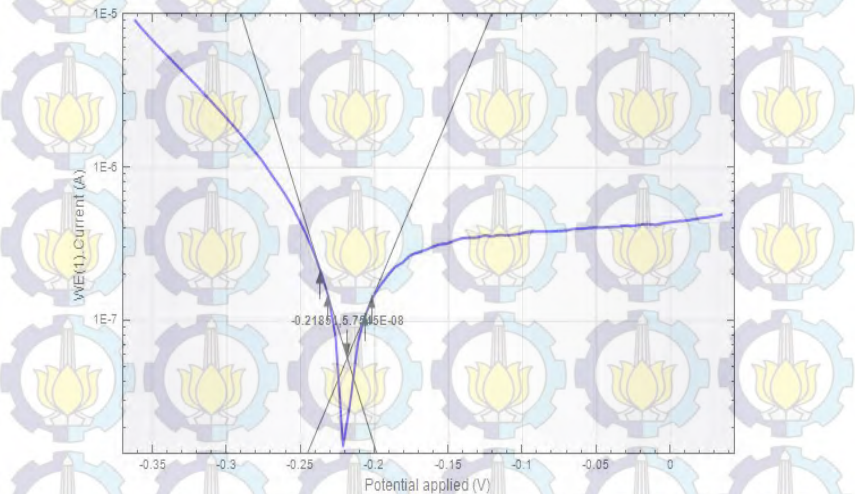
Gambar E. 15 Spesimen 3

E.6 Suhu 50 °C

Gambar E. 16 Spesimen 1



Gambar E. 17 Spesimen 2



Gambar E. 18 Spesimen 3

LAMPIRAN F

PARAMETER KOROSI

Suhu	Spesimen	i_{corr} (nA)	r (mpy)
Blanko	Spesimen 1	194,27	0,00153
	Spesimen 2	101,70	0,00481
	Spesimen 3	79,434	0,00093
Suhu Ruang	Spesimen 1	82,10	0,00095
	Spesimen 2	62,94	0,00073
	Spesimen 3	79,65	0,00093
35 °C	Spesimen 1	69,75	0,00081
	Spesimen 2	58,28	0,00068
	Spesimen 3	68,45	0,00080
40 °C	Spesimen 1	62,83	0,00073
	Spesimen 2	68,75	0,00080
	Spesimen 3	53,80	0,00062
45 °C	Spesimen 1	58,22	0,00068
	Spesimen 2	57,02	0,00066
	Spesimen 3	56,03	0,00074
50 °C	Spesimen 1	50,70	0,00059
	Spesimen 2	59,36	0,00069
	Spesimen 3	57,51	0,00067

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bojonegoro, 8 Juni 1993 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Putra 1, SD Negeri Sidomukti 1, SMP Negeri 1 Baureno, dan SMA Negeri 1 Baureno. Penulis diterima di jurusan Kimia FMIPA melalui program Bidik Misi dan terdaftar dengan NRP 1411100005. Pada tahun ketiga penulis pernah menjalani kerja praktik di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Bandung. Penulis menyelesaikan program Sarjana dengan mengambil Skripsi dibidang Kimia Korosi dibawah bimbingan Dra.Harmami, MS. Penulis dapat dihubungi melalui trivinairariszki@gmail.com.